

## POROSITAS DAN PERMEABILITAS KOMPOSIT BERPORI DENGAN BAHAN DASAR LIMBAH KACA (*CULT*)

MI Savitri ✉ Sulhadi, MP Aji

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 28 Januari 2014  
Disetujui 15 Maret 2014  
Dipublikasikan April 2014

#### Keywords:

Mesoporous composites;  
*Cult*; Polyethylen Glycol  
(PEG)

### Abstrak

Komposit berpori dengan bahan dasar limbah kaca dan *Polyethylen Glycol* (PEG) telah dihasilkan dengan metode pencampuran sederhana. Pori pada komposit terbentuk akibat PEG yang menguap ketika dipanaskan pada temperature 700°C selama 2,5 jam. Variasi pori dihasilkan dengan mengatur komposisi PEG yaitu 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Komposit berpori memiliki nilai porositas yang bertambah dengan kenaikan komposisi PEG. Komposit berpori memiliki porositas pada rentang 1% hingga 5% dan nilai permeabilitas komposit berpori yaitu  $(0.3-25) \times 10^{-15} \text{ m}^2$ . Potensi komposit berpori sebagai filter air diujicobakan dengan mengalirkan limbah air sungai. Hasil pengujian diperoleh air dengan sifat fisis air bening dan tidak berbau, sehingga komposit berpori dari limbah kaca dapat menyaring air limbah.

### Abstract

Porous composites from waste glass and Polyethylene Glycol (PEG) have been synthesized by a simple mixing method. The pores of the composite were formed due to the evaporation of PEG when heated at temperature of 700° C for 2.5 hours. The pore variation may be obtained by adjusting the PEG composition, i.e. 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, and 9%. The porous composites have higher porosity because of the PEG composition. Mesoporous composites have porosity ranging from 1% to 5% and the permeability has value at  $(0.3-25) \times 10^{-15} \text{ m}^2$ . The potential of the porous composites as water filter has been tested by flowing the river wastewater into the composites. The results showed that the wastewater has changed to clear and odorless potable water, and therefore the glass porous composites of could filter the wastewater.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D7 Lantai 2, Kampus Unnes Sekaran,  
Gunungpati, Semarang, 50229  
E-mail: rianimey@gmail.com

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Sampah anorganik merupakan jenis sampah yang tidak dapat terurai di alam. Pada umumnya, masyarakat masih menemui kesulitan dalam mengolah sampah anorganik dan proses daur ulangnya. Kaca-kaca bekas yang sudah tidak terpakai lagi seperti kaca pada jendela, lampu, piring, gelas dll menjadi satu limbah anorganik yang sering ditemui di lingkungan. Limbah kaca (*cult*) ini belum dapat dimanfaatkan secara optimal dan dapat dikatakan bahwa belum ada teknologi untuk proses daur ulang limbah yang memadai.

Potensi daur ulang kaca telah dikaji oleh Aji et al (2012) dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan komposit yang kuat ~36 MPa dan memiliki fraksi pori (lubang) 5%-10%. Kaca berpori telah dikembangkan dalam beragam aplikasi penting seperti bahan insulator, katalis, membran pemisah, filter dan beberapa perangkat optoelektronik (Park 2008; Majid et al. 2012, Vogel et al 2000). Kaca berpori telah dikembangkan oleh Sulhadi et al (2014) dimana limbah kaca digunakan sebagai bahan dasar komposit berpori. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan lama waktu pemanasan maka porositas dan permeabilitas komposit berpori dari limbah kaca semakin menurun. Komposit berpori dari limbah kaca ini memiliki rentang porositas 1% hingga 3% sedangkan permeabilitas pada orde  $\sim 10^{-14}$  m<sup>2</sup>. Komposit berpori dari limbah kaca memiliki potensi yang tinggi sebagai filter air karena dengan rentang porositas yang cukup rendah dan didukung permeabilitas yang umum digunakan sebagai filter seperti yang dilakukan oleh Hamdi dan Srasra (2008) menggunakan lempung (*clay*) Tunisia sebagai filter dengan permeabilitas  $\sim 10^{-17}$ - $10^{-16}$  m<sup>2</sup> dan Masturi et al (2012) menggunakan lempung dari daerah Plered-Purwakarta sebagai filter dengan rentang permeabilitas  $\sim 10^{-16}$ - $10^{-13}$  m<sup>2</sup>.

Pori yang terbentuk dari proses pemanasan komposit dari limbah kaca bergantung pada pengaturan parameter proses yaitu temperatur dan waktu pemanasan. Ukuran bulir-bulir dari serbuk limbah kaca yang beragam menjadi kendala untuk menghasilkan komposit berpori yang memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang

tetap pada satu komposisi parameter proses. Pengembangan penelitian difokuskan pada mencampurkan bahan dengan titik lebur yang rendah seperti polimer PEG. Proses pemanasan mengakibatkan polimer PEG menguap dan membentuk ruang kosong (pori) pada komposit dari limbah kaca. Porositas dan permeabilitas dari komposit berpori dari limbah kaca dengan polimer PEG sebagai agen pembentuk pori menjadi parameter penting yang dikaji. Hasil dari penelitian ini memiliki manfaat penting yaitu sebagai upaya sederhana dalam konservasi lingkungan dan sebagai salah satu jawaban dalam mengatasi masalah sampah anorganik

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan di laboratorium Fisika Material Terapan FMIPA UNNES dan proses pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah FT UNNES. Proses awal yang dilakukan yaitu menghaluskan limbah kaca dengan menggunakan mesin *grinder* kemudian menyaring limbah kaca dengan menggunakan saringan teh selanjutnya saringan T32. Serbuk limbah kaca yang tidak lolos pada saringan T32 menjadi limbah kaca yang digunakan pada penelitian ini. Proses selanjutnya yaitu menimbang PEG dengan variasi komposisi PEG yaitu 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Setelah menimbang PEG, selanjutnya mencampurkan limbah kaca dan PEG dengan bantuan alat *milling* guna memperoleh pencampuran serbuk yang homogen. Proses selanjutnya yaitu mencetak dengan perangkat *hydraulic press*. Sampel dicetak dan ditekan sebesar 5 metrik ton selama 20 menit, kemudian dipanaskan pada temperatur 700°C dengan waktu penahanan 2,5 jam.

Porositas sampel komposit berpori diestimasi dari selisih densitas basah ( $\rho_b$ ) dan densitas kering ( $\rho_k$ ), seperti ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{\rho_b - \rho_k}{\rho_b} \times 100\% \quad (1)$$

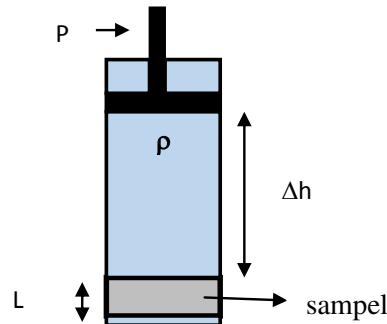
Sedangkan, permeabilitas diperoleh dari rumusan Hukum Darcy (Matyka 2008). Nilai permeabilitas diestimasi dari persamaan berikut :

$$k = \frac{Q\mu\Delta L}{A\rho g\Delta h}$$

dimana  $k$  = permeabilitas,  $Q$  = debit,  $\mu$  = viskositas air,  $A$  = luas permukaan medium berpori,

(2)

$\rho$  = densitas air,  $g$  = percepatan gravitasi,  $\Delta h$  = tinggi fluida dan  $\Delta L$  = tebal sampel. Skema pengukuran permeabilitas ditunjukkan pada Gambar 1.

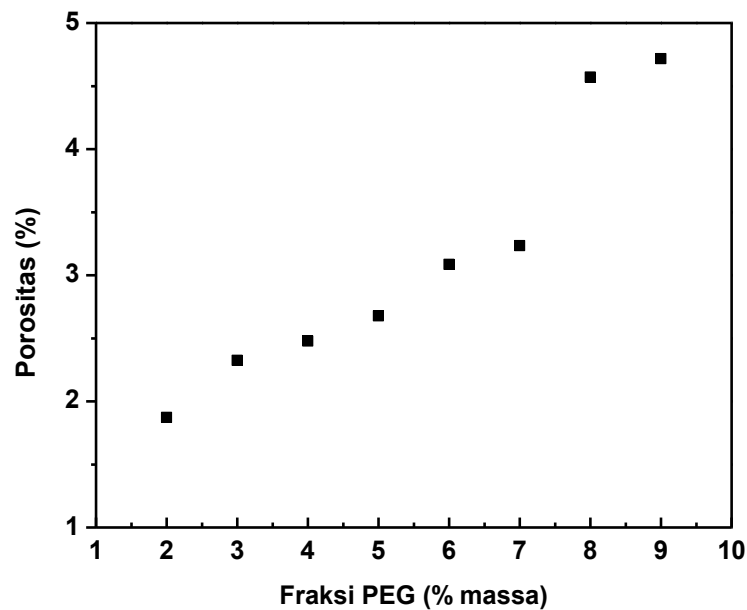


**Gambar 1.** Skema pengukuran permeabilitas medium berpori

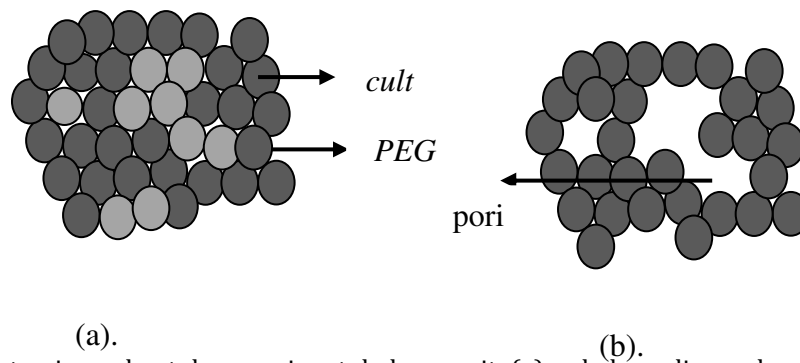
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi nilai porositas ditunjukkan pada Gambar 2. Porositas komposit dari limbah kaca meningkat dengan kenaikan jumlah fraksi PEG pada komposit. Bertambahnya jumlah fraksi PEG menyebabkan ruang kosong yang terbentuk akibat

polimer PEG yang menguap meningkat sehingga porositas pada komposit teramati meningkat. Hal ini bersesuaian dengan yang diungkapkan oleh Sooksaen (2008) bahwa keramik berpori memiliki ukuran pori lebih besar pada komposisi yang memiliki partikel PEG lebih banyak. Ilustrasi terbentuknya pori dapat dilihat pada Gambar 3

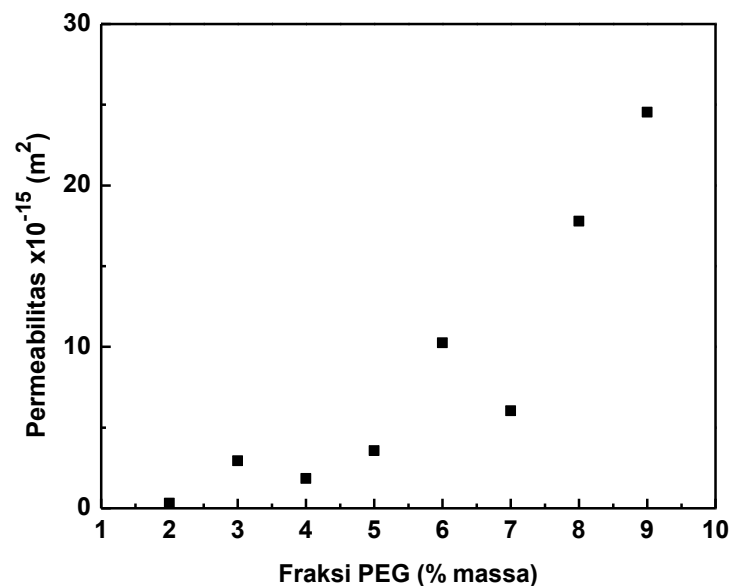


**Gambar 2.** Distribusi nilai porositas komposit berpori.



**Gambar 3.** Ilustrasi pembentukan pori untuk komposit (a) sebelum dipanaskan dan (b) sesudah dipanaskan.

Hasil pengujian permeabilitas komposit berpori dapat ditunjukkan pada Gambar 4, dimana nilai permeabilitas terbesar yaitu  $24,5 \times 10^{-15} \text{ m}^2$  pada komposisi PEG 9% massa sedangkan permeabilitas terkecil teramati pada komposisi PEG 2% massa sebesar  $0,3 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ .



**Gambar 4.** Distribusi nilai permeabilitas komposit berpori.

Hasil porositas komposit berpori pada rentang 1% hingga 5% dan hasil permeabilitas mencapai  $\sim 10^{-15} \text{ m}^2$ , maka komposit berpori yang telah dibuat berpotensi sebagai filter air. Hal ini bersesuaian yang telah dilaporkan oleh Hamdi dan Srasra (2008) yang menggunakan lempung (*clay*) Tunisia sebagai filter dengan permeabilitas  $\sim 10^{-17}$ - $10^{-16} \text{ m}^2$  dan Masturi et al (2012) menggunakan lempung dari daerah Plered-Purwakarta sebagai filter dengan rentang permeabilitas  $\sim 10^{-16}$ - $10^{-13}$

$\text{m}^2$ . Hasil porositas yang rendah dan nilai permeabilitas yang umum digunakan maka komposit berpori dengan bahan dasar *cult* dapat dijadikan sebagai filter air.

Uji kinerja komposit berpori filter limbah air dilakukan secara sederhana dengan cara mengalirkan air sungai. Komposit berpori memiliki kinerja yang baik dalam proses penyaringan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** (a) Limbah air sebelum proses filter dan (b) air setelah proses filter

## PENUTUP

Porositas dan permeabilitas komposit berpori dari limbah kaca meningkat dengan kenaikan jumlah fraksi polimer PEG dalam komposit. Nilai porositas komposit berpori dari limbah kaca pada rentang 1% hingga 5% dan nilai permeabilitasnya pada orde  $0.3-25 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ . Komposit berpori dapat efektif digunakan dalam filtrasi polutan pada air sungai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji MP. 2012. Komparasi Kuat Tekan Komposit Berbahan Dasar Serbuk Limbah Kaca Dengan Perekat Polimer *Polyurethane* dan *Polyvinyl Acetate*, *Jurnal MIPA* 35 (2) hal 140-144.
- Hamdi N dan Srasra E. 2008. Filtration Properties of Two Tunisian Clays Suspension: Effect of The Nature of Clay. *Destillation* 220 hal 194-199.
- Majid S, Sultani KF & Mohammed H. 2012. Preparation of Alkali Lead Glass and Glass - Ceramic Compositions as Electrical Insulators, *Research Journal of Chemical Sciences* 2(2) hal 28-34.
- Masturi, Silvia, Aji MP, Sustini E, Khairurrijal dan Abdullah M. 2012. Permeability, Strength and Filtration Performance for Uncoated and Titania-Coated Clay Wastewater Filters. *American Journal of Environmental Sciences* 8(2): 79-94.
- Matyka M, Khalili A dan Koza Z. 2008. Tortuosity-porosity relation in the porous media flow. *Physical Review E*. 78 (2): 026306-1 sampai 026306-1
- Park J. 2008. *Development of A Glass-Ceramic For Biomedical Applications*, Disertasi Middle East Technical University.
- Sooksaen P, Suttiruengwong S, Oniem K, Ngamlamiad K dan Atireklapwarodom J. 2008. Fabrication of Porous Bioactive Glass-Ceramics via Decomposition of Natural Fibers. *Journal of Metals, Materials and Minerals* 18 (2) hal 85-91
- Sulhadi MI, Savitri MA, Said N, Muklisin I, Wicaksono R dan Aji MP. 2014. Fabrication of Mesoporous Composite from Waste Glass and Its Use as a Water Filter. *AIP Conference Proceedings* 1586 hal 139-142.
- Vogel J dan Russel C. 2000. Open-Pore Glasses and Glass-Ceramics by Sintering of Modified Pyrogenic Silicic Acids, *Ceramics - Silikáty* 44 (1) hal. 9-13.